

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-31989

(P2004-31989A)

(43) 公開日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int.Cl.⁷
H01L 33/00F1
H01L 33/00テーマコード (参考)
5FO41

審査請求 有 請求項の数 21 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2003-355317(P2003-355317)	(71) 出願人	390039413
(22) 出願日	平成15年10月15日(2003.10.15)		シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(62) 分割の表示	特願平10-502117の分割		Siemens Aktiengesellschaft
原出願日	平成9年6月26日(1997.6.26)		ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2
(31) 優先権主張番号	19625622.4	(74) 代理人	100061815
(32) 優先日	平成8年6月26日(1996.6.26)		弁理士 矢野 敏雄
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(74) 代理人	100094798
(31) 優先権主張番号	19638667.5		弁理士 山崎 利臣
(32) 優先日	平成8年9月20日(1996.9.20)	(74) 代理人	100099483
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被覆素子、半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】均質な混合光を放射し、極めて十分に再現可能な素子特性を以て技術的に簡単な量産を保証する半導体発光素子を実現する被覆素子を提供する。

【解決手段】被覆素子が第1の波長領域のビームに対して部分的に透過性であり、且つ、半導体発光素子が第1の波長領域のビーム及び第2の波長領域のビームから成る混合ビームを放射するように第1の波長領域に由来するビームをこの第1の波長領域とは異なる第2の波長領域のビームに変換する少なくとも1つの蛍光物質を包含することにより解決される。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作動中に少なくとも紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域または緑色スペクトル領域から成るビームを包含する第 1 の波長領域の電磁ビームを放射する半導体多層構造 (7) を有する半導体基体 (1) を備えた半導体発光素子のケーシング上に載着される、別個に製造された被覆素子において、

該被覆素子は、前記第 1 の波長領域のビームに対して部分的に透過性であり、且つ、前記半導体発光素子が前記第 1 の波長領域のビーム及び前記第 2 の波長領域のビームから成る混合ビームを放射するように前記第 1 の波長領域に由来するビームを該第 1 の波長領域とは異なる第 2 の波長領域のビームに変換する少なくとも 1 つの蛍光物質を包含すること
10

【請求項 2】

ルミネセンス変換層を通る前記第 1 の波長領域の電磁ビームの光路長が全ての放射方向に対してほぼ一定であるよう構成されている、請求項 1 記載の被覆素子。

【請求項 3】

前記第 1 の波長領域のビームを、相互に異なるスペクトル領域から成る複数の第 2 の波長領域のビームに変換し、前記半導体発光素子は前記第 1 の波長領域のビーム及び前記第 2 の波長領域のビームから成る混合ビームを放射する、請求項 1 又は 2 記載の被覆素子。

【請求項 4】

1 つないし複数の第 2 の波長領域は、少なくとも部分的に、前記第 1 の波長領域よりも
20

【請求項 5】

前記混合ビームの第 1 の波長領域及び第 2 の波長領域は、少なくとも部分的に相互に補色関係にあるスペクトル領域に位置し、それにより白色光が形成される、請求項 1 記載の被覆素子。

【請求項 6】

前記混合ビームの第 1 の波長領域及び第 2 の波長領域は 1 つの加法的色トリオを生じさせ、前記半導体発光素子の作動中に該半導体発光素子から白色光が放射される、請求項 2 記載の被覆素子。

【請求項 7】

前記半導体基体 (1) から放射されるビームは、 $\lambda \leq 520$ のもとでルミネセンス強度
30

【請求項 8】

種々の波長変換特性を備えた複数の層を有する、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 9】

少なくとも 1 つの無機の蛍光物質を包含する、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 10】

前記無機の蛍光物質は、希土類でドーピングされたガーネット、希土類でドーピングされたアルカリ土類硫化物、希土類でドーピングされたチオガレート、希土類でドーピングされたアルミン酸塩、希土類でドーピングされたオルト珪酸塩を包含するグループのうち
40

【請求項 11】

前記蛍光物質は C e ドーピングされたガーネットのグループのものである、請求項 9 記載の被覆素子。

【請求項 12】

前記無機の蛍光物質は熱可塑性材料または熱硬化性材料から成るマトリクス内に埋込まれている、請求項 9 から 11 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 13】

前記無機の蛍光物質は低融点の無機のガラスから成るマトリクス内に埋込まれている、請求項 9 から 11 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 14】

前記無機の蛍光物質はシリコン材料から成るマトリクス内に埋込まれている、請求項 9 から 11 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 15】

前記無機の蛍光物質は約 $10\ \mu\text{m}$ の平均の粒子の大きさを有する、請求項 9 から 14 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 16】

複数の種々の有機及び／又は無機の蛍光物質 (6) を包含する、請求項 9 から 15 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。 10

【請求項 17】

波長変換作用を持つ及び波長変換作用の無い有機及び／又は無機の色素分子を有する、請求項 9 から 16 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 18】

光分散性の粒子を包含する、請求項 1 から 17 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 19】

青色で発光する少なくとも 1 つの蛍光物質を包含する、請求項 1 から 18 までのいずれか 1 項記載の被覆素子。

【請求項 20】

半導体基体 (1) と導電的に接続されている少なくとも 1 つの第 1 の電気接続端子 (2) 及び少なくとも 1 つの第 2 の電気接続端子 (3) と、少なくとも 1 つの蛍光物質を有するルミネセンス変換エレメントとを有する半導体発光素子の作動中に、電磁ビームを放射する半導体基体 (1) を備えた半導体発光素子の製造方法において、 20

前記半導体基体 (1) は半導体多層構造 (7) を有し、該半導体多層構造 (7) は前記半導体発光素子の作動中に、少なくとも紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域または緑色スペクトル領域から成るビームを包含する第 1 の波長領域の電磁ビームを放射し、

前記半導体基体 (1) を基底ケーシング内に配置し、続けて該基底ケーシング上に請求項 1 から 19 までのいずれか 1 項記載の別個に製造された被覆素子を載着することを特徴とする、半導体発光素子の製造方法。 30

【請求項 21】

半導体基体 (1) と導電的に接続されている少なくとも 1 つの第 1 の電気接続端子 (2) 及び少なくとも 1 つの第 2 の電気接続端子 (3) と、少なくとも 1 つの蛍光物質を有するルミネセンス変換エレメントとを有する半導体発光素子の作動中に、電磁ビームを放射する半導体基体 (1) を備えた半導体発光素子において、

前記半導体基体 (1) は半導体多層構造 (7) を有し、該半導体多層構造 (7) は前記半導体発光素子の作動中に、少なくとも紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域または緑色スペクトル領域から成るビームを包含する第 1 の波長領域の電磁ビームを放射し、

前記半導体基体 (1) は基底ケーシング内に配置されており、該基底ケーシング上に請求項 1 から 19 までのいずれか 1 項記載の別個に製造された被覆素子が載着されていること 40

を特徴とする、半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作動中に少なくとも紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域または緑色スペクトル領域から成るビームを包含する第 1 の波長領域の電磁ビームを放射する半導体多層構造を有する半導体基体を備えた半導体発光素子のケーシング上に載着される、別個に製造された被覆素子に関する。さらに本発明は、半導体基体と導電的に接続されている少なくとも 1 つの第 1 の電気接続端子及び少なくとも 1 つの第 2 の電気接続端子と、少なくとも 1 つの蛍光物質を有するルミネセンス変換エレメントとを有する半導体発光素子の 50

作動中に、電磁ビームを放射する半導体基体を備えた半導体発光素子、並びに、半導体基体と導電的に接続されている少なくとも1つの第1の電気接続端子及び少なくとも1つの第2の電気接続端子と、少なくとも1つの蛍光物質を有するルミネセンス変換エレメントとを有する半導体発光素子の作動中に、電磁ビームを放射する半導体基体を備えた半導体発光素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、DE3804293には、エレクトロルミネセンスダイオード又はレーザダイオードが記載されており、レーザダイオードでは、ダイオードから放射された放射スペクトル全体が光変換作用をする発光有機色素の混じったプラスチックから成るエレメントを用いて、比較的大きな波長の方へシフトされる。それにより、装置機構から放射された光は、発光ダイオードから放射された光とは別の色を有する。プラスチックに添加された色素の種類に依存して、同一の発光ダイオードタイプにより、種々の色で発光する発光ダイオードを作製できる。

10

【0003】

DE-OS2347289から公知の赤外線（IR）固体ランプでは、IRダイオードの縁にて、蛍光物質が取り付けられており、この蛍光物質は、そこから放射されたIRビームを可視光に変換する。この手段の目標は、コントロール目的のため、IRビームのできるだけ僅かな部分を、放射されたIRビームの強度の低減をできるだけ僅かにして、可視光に変換することである。

20

【0004】

更にEP486052から公知の発光ダイオードではサブストレートとアクティブなエレクトロルミネセンス層との間に少なくとも1つの半導体フォトルミネセンス層が設けられており、このフォトルミネセンス層はアクティブ層からサブストレートの方へ放射された第1の波長領域の光を第2の波長領域の光へ変換し、その結果発光ダイオードは全体として相異なる波長領域の光を放射する。

【0005】

発光ダイオードの数多の潜在的に可能な適用分野、例えば車両計器盤における指示素子、航空機及び自動車における照明並びに、フルカラーに適したLEDディスプレイの場合にて、混合光、殊に白色光を発することができる発光ダイオードに対する要求が強く現れている。

30

【0006】

JP-07176794-Aでは、白色光を放射する平面形光源が記載されており、この平面形光源では、透明板の1つの端面にて青色光を発する2つのダイオードが設けられており、この2つのダイオードは光を透明板内に放射する。透明板は相対向する2つの主面の上に蛍光作用をする物質で被覆されており、この蛍光物質はダイオードの青色光で励起されると光を発する。蛍光物質から発せられた光は、ダイオードから発せられた青色光とは別の波長を有する。上記の公知の半導体発光素子では、光源が均質な白色光を放射するように発光物質を被着することは特に困難である。更に、量産上の再現可能性も大きな問題となる。それというのは、例えば透明板の表面の非平坦性に基づく発光層の僅かな厚層の変動だけでも、放射された光の白色相の変化が惹起されるからである。

40

【特許文献1】DE3804293

【特許文献2】DE-OS2347289

【特許文献3】EP486052

【特許文献4】JP-07176794-A

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の課題は、均質な混合光を放射し、極めて十分に再現可能な素子特性を以て技術的に簡単な量産を保証する半導体発光素子を実現する被覆素子を提供することである。ま

50

たこの被覆素子が使用される半導体発光素子の製造方法並びに半導体発光素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この課題は、被覆素子に関しては、被覆素子が第1の波長領域のビームに対して部分的に透過性であり、且つ、半導体発光素子が第1の波長領域のビーム及び第2の波長領域のビームから成る混合ビームを放射するように第1の波長領域に由来するビームをこの第1の波長領域とは異なる第2の波長領域のビームに変換する少なくとも1つの蛍光物質を包含することにより解決される。半導体発光素子に関しては、半導体基体が半導体多層構造を有し、この半導体多層構造は半導体発光素子の作動中に、少なくとも紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域または緑色スペクトル領域から成るビームを包含する第1の波長領域の電磁ビームを放射し、半導体基体が基底ケーシング内に配置されており、この基底ケーシング上に請求項1から19までのいずれか1項記載の別個に製造された被覆素子が載着されていることにより解決される。半導体発光素子の製造方法に関しては、半導体基体が半導体多層構造を有し、この半導体多層構造は半導体発光素子の作動中に、少なくとも紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域または緑色スペクトル領域から成るビームを包含する第1の波長領域の電磁ビームを放射し、半導体基体を基底ケーシング内に配置し、続けてこの基底ケーシング上に請求項1から19までのいずれか1項記載の別個に製造された被覆素子を載着することにより解決される。

10

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0009】

本発明の有利な発展形態が請求項2から19に記載されている。

【0010】

本発明によれば、発光半導体基体は多層構造、例えば、 $Ga_x In_{1-x}N$ 又は $Ga_x Al_{1-x}N$ から成る活性半導体層を有する多層構造を有し、この多層構造は半導体素子の作動中に紫外線スペクトル領域、青色スペクトル領域及び／又は緑色スペクトル領域から成る第1の波長領域の電磁ビームを放射するものである。ルミネセンス変換エレメントは、第1の波長領域に由来するビームを、第1の波長領域とは異なる第2の波長領域のビームに変換し、ここで、半導体発光素子は第1の波長領域のビーム及び第2の波長領域のビームから成る混合ビームを放射する。換言すれば、例えばルミネセンス変換エレメントは、半導体発光素子から放射されるビームを有利には、第1の波長領域のスペクトル部分領域に亘ってスペクトル的に選択的に吸収し、比較的長い波長の領域（第2の波長領域）において放射する。有利には、半導体発光素子から放射されるビームは $\lambda \leq 520 \text{ nm}$ のもとで相対的な強度最大値を有し、ルミネセンス変換エレメントによりスペクトル的に選択的に吸収された波長領域はこの強度最大値から外れたところに位置する。

30

【0011】

同様に有利には、本発明によれば第1の波長領域に由来する複数の（1つ又は1つより多くの）第1のスペクトル部分領域を複数の第2の波長領域に変換することができる。それにより、多様の色混合及び色温度を生じさせることが可能である。

【0012】

40

本発明の半導体発光素子は、ルミネセンス変換を介して生じた波長スペクトル、ひいては放射された光の色が半導体発光素子を通る動作電流強度の高さに依存しないという特別な利点を有する。このことは半導体発光素子の周囲温度、従って動作電流強度も著しく変動する場合特に大きな重要性を有する。 GaN をベースとする半導体発光素子を有する特別な発光ダイオードは、これに関して著しく敏感である。

【0013】

更に本発明の半導体発光素子は単一の制御電圧しか必要とせず、したがってまた単一の制御回路装置しか必要とせず、それによって半導体発光素子の制御回路に対する構成部品コストを著しく僅かに抑えることができる。

【0014】

50

本発明の特に有利な実施形態によれば、ルミネセンス変換エレメントとして、半導体基体上に、又はその上方に、部分的に透明なルミネセンス変換層、即ち、発光半導体基体から放射されるビームに対して部分的に透過性であるルミネセンス変換層が設けられている。放射された光の統一的な色を確保するため、ルミネセンス変換層は全く一定の厚さを有するように構成されている。このことにより得られる特別な利点は、ルミネセンス変換層を通して半導体基体から放射される光の光路長が、全てのビーム方向に対してほぼ一定であることである。これによって半導体発光素子が全ての方向で同一色の光を放射することが達成される。この本発明の発展形態による半導体発光素子のさらなる特別な利点は、簡単な手法で高い再現性を達成できることであり、このことは、効率的な量産にとって極めて重要な意義がある。ルミネセンス変換層として、例えば蛍光物質の添加されたラッカ層又は樹脂層を設けるとよい。

10

【0015】

本発明の半導体発光素子の他の有利な実施形態によれば、ルミネセンス変換エレメントとして部分的に透明なルミネセンス変換エンベロープが設けられており、このルミネセンス変換エンベロープは、半導体基体の少なくとも1部（及び電気接続端子の部分領域）を包囲するように構成されており、同時に構成部品カバー（ケーシング）として利用することができる。この実施形態による半導体発光素子の利点は、実質的に、従来の発光ダイオード（例えば、ラジアル発光ダイオード（Radial-Leuchtdiode））の作製のため使用される生産ラインをこの半導体発光素子の作製に利用できることである。構成部品エンベロープのため、従来の発光ダイオードにおいてそのために使用される透明なプラスチックの代わりに、ルミネセンス変換エンベロープの材料が使用される。

20

【0016】

本発明の半導体発光素子の更なる有利な実施形態及び上記の2つの有利な実施形態ではルミネセンス変換層ないしルミネセンス変換エンベロープは、透明な材料、例えばプラスチック、有利にはエポキシ樹脂（有利なプラスチック及び蛍光物質の事例が、更に以下示されている）から成る。そのようにして、ルミネセンス変換エレメントを特に有利なコストで作製できる。即ち、そのために必要な方法ステップは、大きなコストを掛けずに発光ダイオードのための従来の生産ラインに統合化可能である。

【0017】

本発明の有利な発展形態によれば、1つ又は複数の第2の波長領域は、実質的に、第1の波長領域より大きな波長 λ を有しているのである。

30

【0018】

殊に、本発明の更なる実施形態によれば、第1の波長領域の第2の部分スペクトル領域及び第2の波長領域は相互に相補的である。そのようにして単一のカラーの光源、殊に青色光を放射する単一の半導体基体を有する発光ダイオードから混色の光、殊に白色光を発生させることができる。例えば青色光を放射する半導体基体により白色光を発生させるために、半導体基体から放射されるビームの部分が、青色のスペクトル領域から青色に対して補色の黄色のスペクトル領域に変換される。白色光の色温度又は色個所は、ルミネセンス変換エレメントの適当な選定により、殊に、蛍光物質ないしその粒子の大きさ及びその濃度の適当な選定により可変できる。更に、前記配置構成は、有利には蛍光物質の混合体を使用できるようにするものであり、これによって有利に所望の色相を著しく精確に調節できる。同様にルミネセンス変換エレメントを、例えば不均質な蛍光物質分布により、不均質に構成することもできる。これにより有利にはルミネセンス変換エレメントを通る光の種々の光路長を補償できる。

40

【0019】

本発明の有利な実施形態では、ルミネセンス変換エレメント又は構成部品エンベロープの他の構成部分が色整合のため1つ又は複数の色素を有し、この色素は波長変換を行わせないものである。このために、従来の発光ダイオードの作製に使用された色素、例えばアゾ系色素、アントラキノン系色素又はペリノン系色素を使用できる。

【0020】

50

過度に高いビーム負荷からルミネセンス変換エレメントを保護するために、本発明の有利な実施形態ないし前記半導体発光素子の有利な実施形態によれば、半導体基体の表面の少なくとも一部が第1のエンベロープ、例えばプラスチックから成る第1の透明なエンベロープにより被覆され、このエンベロープ上にルミネセンス変換層が被着されるのである。それにより、ルミネセンス変換エレメントにおけるビーム密度、従って、そのビーム負荷が低減され、このことは使用される材料に応じて、ルミネセンス変換エレメントの耐用寿命に好ましい影響を及ぼす。

【0021】

本発明の特に有利な構成及び前述の実施形態では発光半導体基体が使用され、この発光半導体基体では、半導体基体から放射されたビームスペクトルが波長420nmと460nmとの間、殊に430nm（例えば $Ga_xAl_{1-x}N$ をベースとした半導体基体）又は450nm（例えば $Ga_xIn_{1-x}N$ をベースとした半導体基体）での波長のもとでルミネセンス強度最大値を有する。そのような本発明の半導体発光素子により、有利にはC. I. Eカラーチャートのほぼ全ての色及び混色を生じさせることができる。ここで、発光半導体基体は上述のように、実質的に、エレクトロルミネセンス半導体材料から成っていてよいが、他の半導体材料から成っていてもよく、例えば他のエレクトロルミネセンス半導体材料、例えばポリマ材料から成っていてもよい。

【0022】

本発明の更なる特に有利な発展形態では、ルミネセンス変換エンベロープないしルミネセンス変換層は、ラッカ又はプラスチック、例えばオプトエレクトロニック構成素子のエンベロープに使用されるシリコン材料、熱可塑性材料又は熱硬化性材料（エポキシ樹脂及びアクリル樹脂）から作製される。更に、例えば熱可塑性材料から製造された被覆体をルミネセンス変換エンベロープとして使用できる。上述の全ての材料に簡単に1つ又は複数の蛍光物質を添加することができる。

【0023】

本発明の半導体発光素子は次のようにすれば特に簡単に実現できる。即ち、半導体基体は、場合により事前に製造されたケーシングの切欠部内に配置されており、この切欠部にはルミネセンス変換層を有する被覆体が設けられている。その種の半導体発光素子を従来の生産ラインで量産的に作製できる。このために、ケーシング中への半導体基体の組付後、被覆部材、例えばラッカ層又は射出成形樹脂層、又は熱可塑性材料から成る事前に製造されている被覆板をケーシング上に被着しさえすればよい。オプション的にケーシングの切欠部を、透明な材料例えば透明なプラスチックで充填でき、この透明なプラスチックは、殊に半導体基体から放射される光の波長を変化させず、又は必要な場合には既にルミネセンス変換作用をするように構成することができる。

【0024】

特に簡単な実現可能性に基づき特に有利な本発明の半導体発光素子の発展形態では、半導体基体は、場合により事前に製造された、また必要に応じて既にリードフレームを備えたケーシング内に設けられ、切欠部は少なくとも部分的に透明な射出成形樹脂で充填され、この樹脂には蛍光物質が切欠部の注入前に既に添加されている。従ってここでは、ルミネセンス変換エレメントは、蛍光物質を備えた半導体基体の射出成形体を有する。

【0025】

ルミネセンス変換エレメントの作製のための特に有利な材料は、1つ又は複数の蛍光物質の添加されているエポキシ樹脂である。但しエポキシ樹脂の代わりに、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）を使用することもできる。

【0026】

PMMAには、簡単に有機の色素粒子を混入することができる。緑色、黄色、赤色で発光する本発明の半導体発光素子の作製のため、例えばペリレンをベースとした色素分子を使用できる。紫外線、可視又は赤外線領域で発光する半導体発光素子を4f有機金属化合物の混入によって作製することもできる。殊に赤色に発光する本発明の半導体発光素子を、例えば、 Eu^{3+} に基づく金属有機性キレート（ $\lambda \approx 620\text{nm}$ ）の混合により実現で

10

20

30

40

50

きる。赤外線ビームを放射する半導体発光素子、殊に、赤色を放射する半導体基体を、 $4f$ キレート又は Ti^{3+} ドーピングされたサファイヤの混入により作製できる。

【0027】

白色光を放射する本発明の半導体発光素子は、有利に次のようにして作製できる。即ち、半導体基体から放射された青色ビームが補色の波長領域、殊に青と黄、又は加法的色トリオ、例えば青、緑、赤に変換されるように蛍光物質を選定するのである。ここで、黄色光ないし緑色光及び赤色光は蛍光物質を介して生ぜしめられる。これによって生じた白色の色相(CIEカラーチャートにおける色個所)を、混合及び濃度に関し1つ又は複数の色素の適当な選定により変化させることができる。

【0028】

白色光を放射する本発明の半導体発光素子の適当な有機の蛍光物質は、例えば、緑のルミネセンスに対してはBASF Lumogen F 083、黄のルミネセンスに対してはBASF Lumogen F 240、赤のルミネセンスに対してはBASF Lumogen F 300のようなペリレン蛍光物質である。これらの色素を簡単に、例えば透明なエポキシ樹脂に添加することができる。

【0029】

青色を放射する半導体基体により緑色を放射する半導体基体を作製する有利な方法によればルミネセンス変換エレメントに対して、 UO_2^{++} 置換されたホウケイ酸ガラス(Borsilikat)を使用する。

【0030】

本発明の半導体発光素子ないし上述の有利な実施形態の更なる有利な発展形態によれば、ルミネセンス変換エレメント又は構成部品エンベロープの他のビーム透過性のコンポーネントに、付加的に光分散する粒子、いわゆるディフューザ、拡散体が添加される。これによって有利には半導体発光素子の色印象及び放射特性を最適化できる。

【0031】

本発明の半導体発光素子の特に有利な実施形態では、ルミネセンス変換エレメントは、少なくとも部分的に無機の蛍光物質を有する透明なエポキシ樹脂から成る。即ち、有利には、無機の蛍光物質を簡単にエポキシ樹脂内でバインディングできるからである。白色で発光する本発明の半導体発光素子の作製のための特に有利な無機の蛍光物質は $YAG:Ce$ ($Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$)である。この蛍光物質を、殊に簡単に従来のLED技術にて使用された透明なエポキシ樹脂内に混入できる。更に、蛍光物質として可能なものは、稀土類でドーピングされたガーネット例えば $Y_3Ga_5O_{12}:Ce^{3+}$ 及び $Y(Al, Ga)_5O_{12}:Ce^{3+}$ 及び $Y(Al, Ga)_5O_{12}:Tb^{3+}$ 並びに稀土類でドーピングされたアルカリ土類硫化物、例えば $SrS:Ce^{3+}$ 、 Na 、 $SrS:Ce^{3+}$ 、 Cl 、 $SrS:CeCl_3$ 、 $CaS:Ce^{3+}$ 及び $SrSe:Ce^{3+}$ である。

【0032】

種々の混色の光の生成に適するのは、特に稀土類でドーピングされたチオガレート($Thiogallate$)、例えば、 $CaGa_2S_4:Ce^{3+}$ 及び $SrGa_2S_4:Ce^{3+}$ である。同様に稀土類でドーピングされたアルミン酸塩、例えば $YAlO_3:Ce^{3+}$ 、 $YGaO_3:Ce^{3+}$ 、 $Y(Al, Ga)O_3:Ce^{3+}$ 及び稀土類でドーピングされたオルト珪酸塩 $M_2SiO_5:Ce^{3+}$ ($M:Sc, Y, Sc$)例えば $Y_2SiO_5:Ce^{3+}$ も使用可能である。全てのイットリウム化合物において基本的にイットリウムを、スカンジウム又はランタンで置換できる。

【0033】

本発明の半導体発光素子の更なる可能な実施形態において、エンベロープの光を透過させる少なくとも全てのコンポーネント、即ち、ルミネセンス変換エンベロープないし変換層も無機の方法だけから成る。従って、ルミネセンス変換エレメントは、無機の蛍光物質から成り、この無機の蛍光物質は温度安定性の透明又は部分的に透明の無機の方法内に埋込まれている。殊に、ルミネセンス変換エレメントは無機の蛍光物質から成り、この無機の蛍光物質は有利には低融点の無機ガラス(例えば珪酸塩ガラス)内に埋込まれている。

10

20

30

40

50

このようなルミネセンス変換層の有利な作製法はゾル・ゲル技術であり、このゾル・ゲル技術によりルミネセンス変換層全体、即ち無機の蛍光物質のみならず、埋込材料をも1つの作業工程にて作製できる。

【0034】

半導体基体から放射された第1の波長領域のビームを、ルミネセンス変換された第2の波長領域のビームと混合すること、ひいては放射された光の色均質性を改善するため、本発明によるルミネセンスエンベロープないしルミネセンス変換層及び／又はルミネセンス変換エンベロープの他のコンポーネントの半導体発光素子の有利な実施形態では、青色で発光する色素が添加され、この青色で発光する色素は半導体基体から放射されたビームのいわゆる指向特性を減衰する。指向特性とは、半導体基体から放射されたビームが特定の放射方向を有することを意味する。

10

【0035】

本発明の半導体発光素子の有利な実施形態では、放射されたビームの混合の上記目的のため粉末の形態の無機の蛍光物質が使用され、ここで、蛍光物質の粒子はこれを包む材料（マトリクス）内では溶けない。更に、無機の蛍光物質及びこれを包む材料は相互に異なる屈折率を有する。それにより蛍光物質の粒度に依存して、蛍光物質により吸収されなかった光の成分が分散される。それにより、半導体基体から放射されたビームの指向特性が効率的に減衰され、その結果吸収されなかったビーム及びルミネセンス変換されたビームが均質に混合され、このことは空間的に均質の色印象を生じさせる。

【0036】

20

白色光を放射する本発明の半導体発光素子は、特に有利には、ルミネセンス変換エンベロープ又は変換層の作製に使用されるエポキシ樹脂に無機の蛍光物質 $YAG:Ce(Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+})$ が混合されていることによって実現できる。半導体基体から放射される青色ビームの一部が無機の蛍光物質 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ により黄色スペクトル領域に、従って、青色に対して補色の波長領域にシフトされる。白色光の色相(CIEカラーチャートにおける色個所)を色素混合及び色素濃度により変化させることができる。

【0037】

更に無機の蛍光物質 $YAG:Ce$ は特に、ほぼ1.84の屈折率を有する非溶性色素($10\mu m$ の領域の粒度)であるという特別な利点を有する。これによって波長変換のほか

30

に分散効果も生じ、この分散効果により青色のダイオードビーム及び黄色の変換ビームの混合が生じる。

【0038】

本発明の半導体発光素子の更なる有利な発展形態では、ルミネセンス変換エレメント又は構成部品エンベロープの他のビーム透過性のコンポーネントに、付加的に光分散性の粒子、いわゆるディフューザ、拡散体が添加される。これによって、有利に半導体発光素子の色印象及び放射特性を更に一層最適化できる。

【0039】

特別な利点とするところは、白色発光する本発明の半導体発光素子ないしその上記の実施形態の発光効率が実質的にGaNをベースとして作製された青色発光する半導体基体について白熱灯の発光効率と同等であることである。その理由は、一方ではその種の半導体基体の外部量子収率が数%であり、他方では有機の色素分子の発光効率がしばしば90%以上のところに定在的に位置していることにある。更に本発明の半導体発光素子は、白熱灯に比して極めて長い耐用寿命、一層より大きい頑丈性及び一層より小さい動作電圧という優れた特長を有する。

40

【0040】

本発明の半導体発光素子の肉眼にとって知覚可能な明るさを、ルミネセンス変換エレメントの設けられていないが他の点では同一である半導体発光素子に比して著しく高めることができる。何故ならば視感特性は波長が高くなるほうに向かって増大するからである。

【0041】

50

さらに本発明の基本的手法により有利には、可視光ビームのほかに半導体基体から放射される紫外線ビームを可視光に変換できる。これによって、半導体基体から放射される光の明るさが著しく高められる。

【0042】

半導体基体の青色光を以てのルミネセンス変換のここで論じられるコンセプトを有利に下記のシェーマに従って、多段のルミネセンス変換エレメントに拡大し得る。即ち、紫外線→青色→緑色→黄色→赤色というシェーマに従って拡大し得る。ここでスペクトル的に選択的に放射する複数のルミネセンス変換エレメントが半導体基体に対して相対的に相前後して配置される。

【0043】

同様に有利に複数の種々の選択的に放射をする色素分子を共に、ルミネセンス変換エレメントの透明なプラスチック内に埋込むことができる。これにより著しく広幅の色スペクトルを生成できる。

【0044】

ルミネセンス変換材料として、殊にYAG:Ceが使用されるようにした本発明の白色光を放射する半導体発光素子の特別な利点は、この蛍光物質が青色光で励起の際、吸収と放射との間でほぼ100nmのスペクトルシフトを生じさせることにある。それにより、蛍光物質から放射された光の再吸収の著しい低減、ひいては一層高い発光効率が得られる。更に、YAG:Ceは、有利に高い熱的及び光化学的（例えばUV-）安定性（これは有機の蛍光物質より遥かに高い）を有し、その結果、外部での使用及び／又は高温領域向けの白色光で発光するダイオードも作製可能である。

【0045】

YAG:Ceはこれまで、再吸収、発光効率、熱的及び光化学的安定及び処理性に関して最も適している蛍光物質であることが判明している。但し、他のCeドーピングされた蛍光物質、殊にCeドーピングされたガーネットも可能である。

【0046】

特に有利には、本発明の半導体発光素子をそのわずかな低い消費電力に基づき、フルカラーに適したLEDディスプレイにて、車両内部空間又は航空機キャabinを照明するため、並びに車両計器盤又は液晶指示部のような指示装置を照明するために使用できる。

【0047】

本発明の更なる特徴点、利点及び有用性は、図1～14に関連した9つの実施例に対する以降の説明から明らかとなる。

【実施例】

【0048】

図1に示す半導体発光素子は、半導体基体1と、背面コンタクト11と、前面コンタクト12と、複数の様々の層から成る多層構造7とを有し、この多層構造7は、半導体素子の作動中、1つのビーム（例えば、紫外線、青色又は緑色）を放射する少なくとも1つのアクティブなゾーンを有する。

【0049】

この実施例及び以下述べる全ての実施例に対する適当な多層構造7を図9に示す。ここで、例えばSiCから成るサブストレート18上に、AlN層又はGaN層19、n導電形GaN層20、n導電形Ga_xAl_{1-x}N層又はGa_xIn_{1-x}N層21、更なるn導電形GaN層又はGa_xIn_{1-x}N層22、p導電形Ga_xAl_{1-x}N層又はGa_xIn_{1-x}N層23及びp導電形GaN層24から成る多層構造7が被着されている。p導電形GaN層24主面25上及びサブストレート18の主面26上に、それぞれ、コンタクト金属化部27、28が被着されている。このコンタクト金属化部27、28は、従来、電氣的コンタクトのためのオプトエレクトロニクス半導体技術にて使用された材料から成る。

【0050】

しかしながら、本発明の半導体素子に対して当業者に適当と思われる何れの任意の他の

10

20

30

40

50

半導体素子をも使用することができる。このことは、以下述べる全ての実施例に対しても成り立つ。

【0051】

図1の実施例では、半導体基体1は導電性結合手段、例えば、金属性ろう又は接着剤を用いて、第1の電気接続端子2上の背面電極コンタクト11に取り付けられている。前面電極コンタクト12は、ボンディング線ワイヤ14を用いて第2の電気接続端子3に接続されている。

【0052】

半導体基体1の自由な表面及び電気接続端子2及び3は、直接的にルミネセンス変換エンベロープ5により包囲されている。このルミネセンス変換エンベロープ5は、有利には、透明な発光ダイオードエンベロープに使用可能な透明なプラスチック（有利にはエポキシ樹脂又はポリメタクリル酸メチル）から成り、これには、白色光で発光する構成素子用の蛍光物質6、有利には無機の蛍光物質、有利には $Y_3Al_5O_{12} : Ce^{3+}$ （YAG : Ce）が添加されている。

【0053】

図2に示す本発明の半導体発光素子の実施例が図1に示す本発明の半導体発光素子の実施例と相異なる点は、半導体基体1及び電気接続端子2及び3の部分領域がルミネセンス変換エンベロープにより包囲されているのではなく、透明なエンベロープ15により包囲されていることである。この透明なエンベロープ15は、半導体基体1により放射されたビームの波長変化を生じさせないものであり、例えば、発光ダイオード技術で従来使用されているエポキシ樹脂、シリコン樹脂又はアクリル樹脂又は他の適当なビーム透過性の材料、例えば、無機ガラスから成る。

【0054】

このエンベロープ15上にルミネセンス変換層4が被着されており、このルミネセンス変換層4は、図2に示すようにエンベロープ15の表面全体を被う。同様に、ルミネセンス変換層4がこの表面の単に一部のみを被うことも可能である。ルミネセンス変換層4は、例えば同じく透明なプラスチック（例えば、エポキシ樹脂、ラッカ、又は、ポリメタクリル酸メチル）から成り、これには蛍光物質6が添加されている。この場合も、白色発光する半導体発光素子に対する蛍光物質としては有利にはYAG : Ceが好適である。

【0055】

前記の実施例の有する特別な利点とするところは、半導体基体から放射されるビーム全体に対して、ルミネセンス変換エレメントを通る光路長が等しくなることである。このことは殊に、しばしば起こるように、半導体発光素子から放射される光の精確な色相がこの光路長に依存する場合には特別な重要性を有する。

【0056】

図2のルミネセンス変換層4からの光の一層良好な出力結合のため、構成素子の一方の側面にレンズ状の被覆体29（破線で示す）を設けることができ、このレンズ状の被覆体29は、ルミネセンス変換層4内でのビームの全反射を低減するものである。上記のレンズ状の被覆体29は透明なプラスチック又はガラスから成ってよく、ルミネセンス変換層4上に、例えば接着されたり、又は直接ルミネセンス変換層4の構成部分として構成されてもよい。

【0057】

図3に示す実施例では第1及び第2電気接続端子2、3は不透過性の、場合によっては事前に製造された基底ケーシング8内に埋込まれている。事前に製造されたとは、半導体基体が電気接続端子2に取付られる前に基底ケーシング8が、既に電気接続端子2、3にて例えば射出成形により仕上がり完了しているということである。基底ケーシング8は、例えば不透過性のプラスチックから成り、切欠部9はその形状に関して作動中半導体基体から放射されたビーム（場合により内壁の適当なコーティングにより、）に対する反射器17として構成されている。そのようなケーシング8は、殊にプリント配線上に表面実装可能な発光ダイオードの場合使用される。上記ケーシングは半導体基体の取付前に、電

10

20

30

40

50

気接続端子 2、3 を有する導体バンド（リードフレーム）上に、例えば射出成形により被着される。

【0058】

切欠部 9 はルミネセンス変換層 4 により被われており、このルミネセンス変換層 4 としては、例えば、別個に作成されていて、ケーシング上に取り付けられたプラスチックから成る被覆板 17 により被われている。ルミネセンス変換層 4 に対する適当な材料としては同様に明細書冒頭説明部分において説明したプラスチック又は無機ガラスがそこに掲げられた蛍光物質と関連づけて対象と成る。切欠部 9 は透明なプラスチック、無機ガラス又はガラスで充填されても良く、また真空状態にされてもよい。

【0059】

図 2 の実施例におけるように、ここでもルミネセンス変換層 4 からの光の一層良好な出力結合のため、このルミネセンス変換層 4 上にレンズ状の被覆体 29（破線で示す）を設けることもでき、この被覆体 29 はルミネセンス変換層 4 内でのビームの全反射を低減するものである。この被覆体は透明なプラスチックから成ってよく、ルミネセンス変換層 4 上に例えば接着したり、又はルミネセンス変換層 4 と共に一体的に形成されてもよい。

【0060】

特に有利な実施形態では切欠部 9 は、図 10 に示すように、蛍光物質を有するエポキシ樹脂、即ちルミネセンスエンベロープ 5 で充填されており、このルミネセンスエンベロープ 5 はルミネセンス変換エレメントを形成する。被覆体 17 及び／又はレンズ状の被覆体 29 は省いてもよい。更に、オプションであるのは、図 13 に示すように第 1 の電気接

10

20

【0061】

図 4 には、更なる実施例としてラジアルダイオードが示されている。ここで、半導体基体 1 は、第 1 の電気接続端子 2 の、反射器として構成された部分 16 内に例えばろう付け又は接着により取り付けられている。その種のケーシング構成形態は、発光ダイオード技術では公知であり、従って、説明を要しない。

【0062】

図 4 の実施例では半導体基体 1 は、透明なエンベロープ 15 により包囲されており、この透明なエンベロープ 15 は 2 番目に挙げた実施例（図 2）におけるように、半導体基体 1 から放射されるビームの波長変化を生じさせず、従来の発光ダイオード技術で

30

【0063】

この透明なエンベロープ 15 上には、ルミネセンス変換層 4 が被着されている。その材料としては、例えば、同じく、前述の実施例に関連して述べたプラスチック又は無機ガラスがそこに挙げられた色素と関連づけて対象とされる。

【0064】

半導体基体 1、電気接続端子 2、3 の部分領域、透明なエンベロープ 15 及びルミネセンス変換層 4 から成る構成全体が、直接的に更なる透明なエンベロープ 10 により包囲されており、この更なる透明なエンベロープ 10 は、ルミネセンス変換層 4 を通るビームの波長変化を生じさせない。エンベロープ 10 は、例えば、同じく従来の発光ダイオードにて使用された透明なエポキシ樹脂又は無機ガラスから成る。

40

【0065】

図 5 に示す実施例が図 4 に示す実施例と実質的に相異なる点は、半導体基体 1 の自由な表面が直接的にルミネセンス変換エンベロープ 5 により被われており、このルミネセンス変換エンベロープ 5 は同じく、更なる透明なエンベロープ 10 により包囲されていることである。更に、図 5 に例示されている半導体基体 1 では、下面コンタクトの代わりに更なるコンタクトが半導体多層構造 7 上に取り付けられており、この更なるコンタクトは第 2 のボンディング線ワイヤ 14 を用いて、所属の電気接続端子 2 又は 3 に接続されている。勿論、その種の半導体基体 1 は他の全ての実施例においても使用可能である。勿論逆に図

50

5の実施例においても、前述の実施例による半導体基体1が使用可能である。

【0066】

念のため、ここで付言すべきことには勿論、図5の構成形態においても図1の実施例に類似して、一体的なルミネセンス変換エンベロープ5—これは、ルミネセンス外囲器エンベロープ5と更なる透明なエンベロープ10との組合せ結合体にとって代わる—を使用できるということである。

【0067】

図6の実施例では、ルミネセンス変換層4（上述のような材料）は、直接半導体基体1上に被着されている。この半導体基体1及び電気接続端子2、3はルミネセンス変換層4を通ってもビームの波長変化を生じさせない透明なエンベロープ10により包囲されており、例えば、発光ダイオード技術にて使用可能な透明なエポキシ樹脂又はガラスから作られている。

10

【0068】

エンベロープなしで、ルミネセンス変換層4を備えた半導体基体1を勿論、発光ダイオード技術から公知の全てのケーシング構成形態（例えばSMDケーシング、ラジアル（Radial）ケーシング（図5を比較参照のこと））にて有利に使用できる。

【0069】

図14に示す本発明の半導体発光素子の実施例では、半導体基体1上に透明なウエル部35が配置されており、このウエル部35は半導体基体1上方にウエル36を有する。ウエル部35は透明なエポキシ樹脂又は無機ガラスから成り、そして例えば半導体基体1を含めて電気接続端子2、3の射出成形により作られている。このウエル36内にはルミネセンス変換層4が配置されており、このルミネセンス変換層4は、例えば同じくエポキシ樹脂又は無機ガラスから製造されており、上記の無機の蛍光物質のうち1つからなる粒子37がこれに包含されている。この構成形態の場合、有利には著しく簡単に次のことが確保される。即ち、蛍光物質が半導体基体の作製の際、設定されてない個所、例えば、半導体基体の傍らにて集結することが確保される。勿論、ウエル部分35は別個に作製することもでき、例えばケーシング部分において半導体基体1上方に取り付けることもできる。

20

【0070】

上述の実施例の全てにおいて、放射された光の色印象の最適化のため及び放射特性の適合化のため、ルミネセンス変換エレメント（ルミネセンス変換エンベロープ5又はルミネセンス変換層4）、場合により透明なエンベロープ15及び／又は場合により更なる透明なエンベロープ10は有利には、いわゆるディフューザ、拡散体を有し得る。その種のディフューザの例は、ミネラル性の充填物質、殊に、 CaF_2 、 TiO_2 、 SiO_2 、 CaCO_3 又は BaSO_4 又は有機の色素である。これらの材料を簡単に上述のプラスチックに添加することができる。

30

【0071】

図7、8及び12には、青色を放射する半導体基体（図7）（ $\lambda \sim 430 \text{ nm}$ のときルミネセンス最大値）ないしそのような半導体基体を用いて作製された白色発光する本発明の半導体発光素子（図8及び12）の放射スペクトルが示してある。横座標にはそれぞれ波長 λ が単位 nm で、縦座標にはそれぞれ相対的なエレクトロルミネセンス（EL）強度がプロットしてある。

40

【0072】

半導体基体から放射される図7に示すビームうち単に一部のみが比較的長い波長領域に変換され、その結果混合色として白色光が生じる。図8中の破線は、次のような本発明の半導体発光素子からの放射スペクトルを表す。即ち2つの相補的波長領域（青と黄）から成るビーム、ひいては全体の白色光を放射する本発明の半導体発光素子からの放射スペクトルを表す。ここで、放射スペクトルは、ほぼ 400 nm とほぼ 430 nm との間（青）の時、そして、ほぼ 550 nm とほぼ 580 nm との間（黄）の時それぞれ最大値を有する。実線31は、3つの波長領域（加法的色トリオ青、緑、赤）から成る白色を混合する本発明の半導体発光素子の放射スペクトルを表す。ここで、放射スペクトルは例えばほぼ43

50

0 nm (青)、ほぼ 500 nm (緑) 及びほぼ 615 nm (赤) の波長の時それぞれ最大値を有する。

【0073】

更に、図 11 中には青色光 (ほぼ 470 nm の波長の時最大値) 及び赤色光 (ほぼ 620 nm の波長の時最大値) を放射する本発明の半導体発光素子の放射スペクトルを示す。肉眼にとっての放射された光の全色印象はマゼンタである。半導体基体から放射される放射スペクトルは、同じく図 7 のそれに相応する。

【0074】

図 12 は、図 7 の放射スペクトルを放射する半導体基体を備え、蛍光物質として YAG : Ce が使用されている白色発光する、本発明の半導体発光素子の放射スペクトルを示す。半導体基体から放射される図 7 のビームのうち単に一部のみが比較的長い波長領域に変換され、その結果色の混合ないし混色として白色光が生じる。図 8 の種々の破線 30 から 33 は、次のような本発明の半導体発光素子の放射スペクトルを示す。即ち、ルミネセンス変換エレメント、本事例ではエポキシ樹脂から成るルミネセンス変換エンベロープが種々の YAG : Ce 濃度を有する本発明の半導体発光素子の放射スペクトルを示す。各放射スペクトルは $\lambda = 420 \text{ nm}$ と $\lambda = 430 \text{ nm}$ との間、即ち青色スペクトル領域において、そして $\lambda = 520 \text{ nm}$ と $\lambda = 545 \text{ nm}$ との間、即ち緑色スペクトル領域においてそれぞれ強度最大値を有し、ここで、比較的長い波長の強度最大値を有する放射バンドは大部分黄色スペクトル領域内に位置する。図 12 のダイヤグラムから明らかなように、本発明の半導体発光素子では簡単にエポキシ樹脂における蛍光物質の濃度の変化により、白色光の CIE 色個所を変化させることができる。

【0075】

更に Ce ドーピングされたガーネット、チオガレート、アルカリ土類硫化物及びアルミン酸塩をベースとする無機の蛍光物質をエポキシ樹脂又はガラス内に分散させずに、これらの蛍光物質を直接半導体基体上に被着することができる。

【0076】

上述の無機の蛍光物質の更なる特別な利点とするところは、蛍光物質の濃度が、例えばエポキシ樹脂中で有機の色素におけるとは異なって溶性により制限されないことである。それにより、ルミネセンス変換エレメントの大きな厚さは必要ない。

【0077】

上述の実施例に即しての本発明の半導体発光素子の説明は、勿論、この実施例に限定されるものではない。例えば発光ダイオードチップ又はレーザダイオードチップのような半導体基体とは、例えば相応のビームスペクトルを放射するポリマ LED とも解すべきものである。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】 本発明の半導体発光素子の第 1 実施例の断面略図である。

【図 2】 本発明の半導体発光素子の第 2 実施例の断面略図である。

【図 3】 本発明の半導体発光素子の第 3 実施例の断面略図である。

【図 4】 本発明の半導体発光素子の第 4 実施例の断面略図である。

【図 5】 本発明の半導体発光素子の第 5 実施例の断面略図である。

【図 6】 本発明の半導体発光素子の第 6 実施例の断面略図である。

【図 7】 Ga をベースとした多層構造を有する青色光を放射する半導体基体からの放射スペクトルの概略的特性図である。

【図 8】 白色光を放射する 2 つの本発明の半導体発光素子の放射スペクトルの概略的特性図である。

【図 9】 青色光を放射する半導体基体の断面略図である。

【図 10】 本発明の半導体発光素子の第 7 実施例の断面略図である。

【図 11】 色の混合ないし混色の赤色光を放射する本発明の半導体発光素子の放射スペクトルの概略的特性図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】白色光を放射する本発明の更なる半導体発光素子の放射スペクトルの概略的特性図である。

【図 1 3】本発明の半導体発光素子の第 8 実施例の断面略図である。

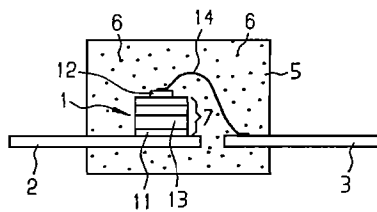
【図 1 4】本発明の半導体発光素子の第 9 実施例の断面略図である。

【符号の説明】

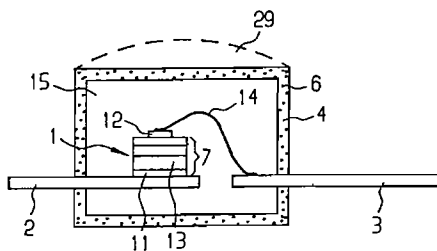
【 0 0 7 9 】

1 半導体基体、 6 蛍光物質、 7 半導体多層構造

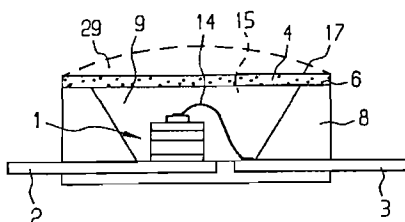
【図 1】



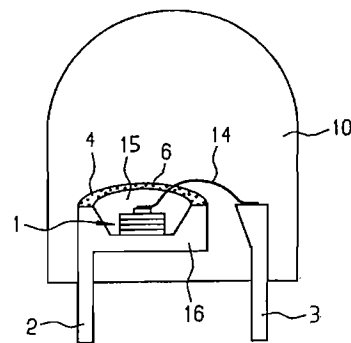
【図 2】



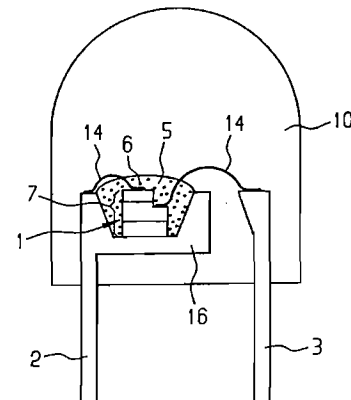
【図 3】



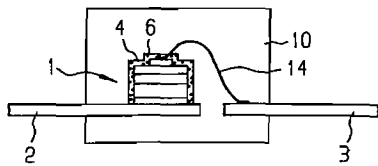
【図 4】



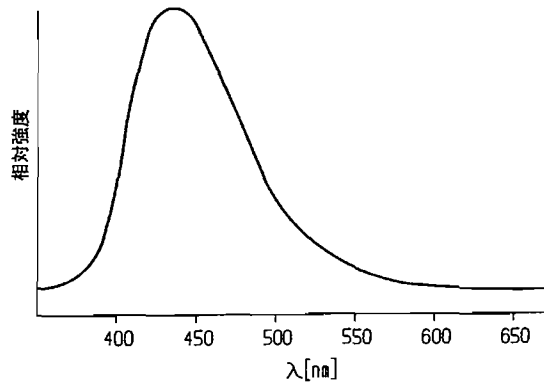
【図 5】



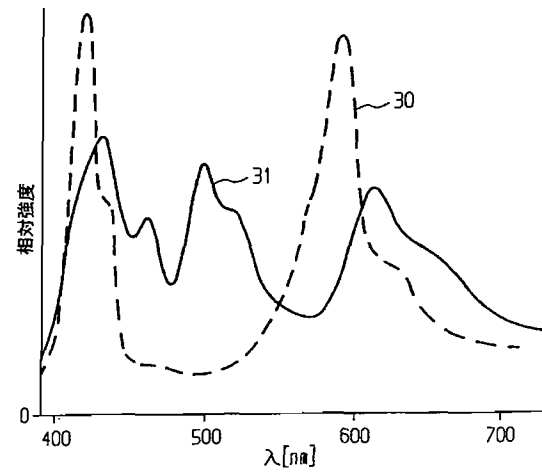
【図 6】



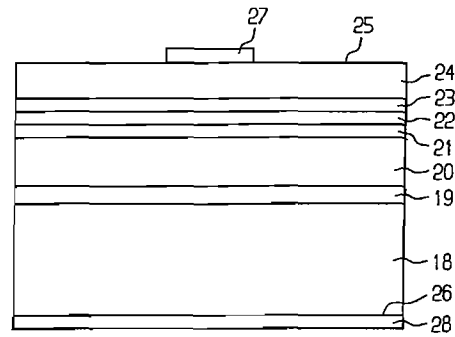
【図 7】



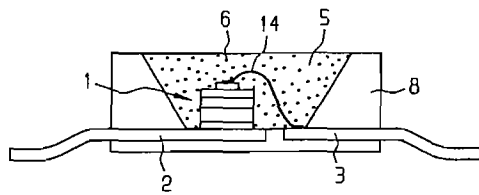
【図 8】



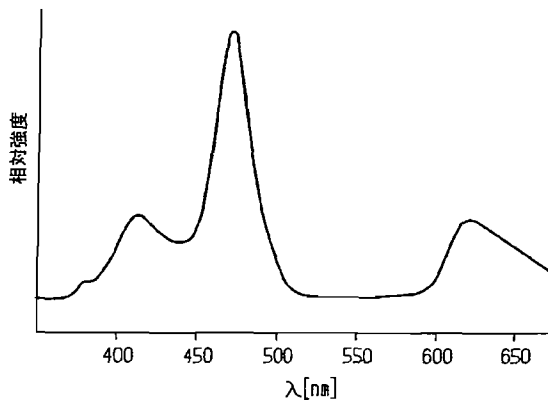
【図 9】



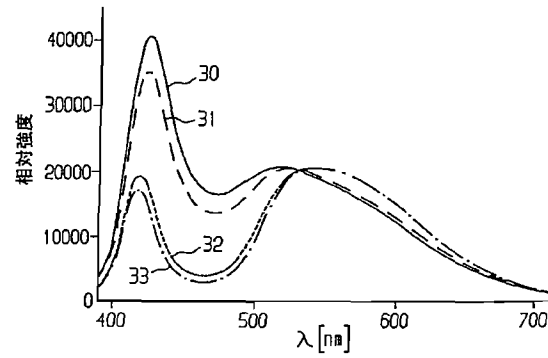
【図 10】



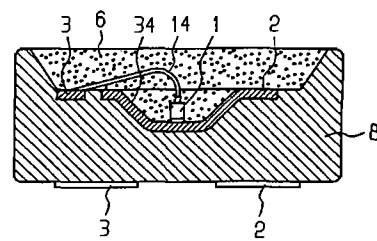
【図 11】



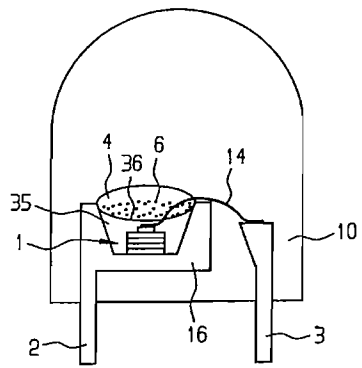
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(74)代理人 230100044

弁護士 ラインハルト・アインゼル

(72)発明者 ウルリケ レー

ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ホラーシュトラッセ 7アー

(72)発明者 クラウス ヘーン

ドイツ連邦共和国 タウフキルヘン パーターールパート＝マイヤー＝ヴェーク 5

(72)発明者 ノルベルト シュタート

ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク ロジヌスヴェーク 1 1

(72)発明者 ギュンター ヴァイトル

ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク プラッシュヴェーク 3

(72)発明者 ペーター シュロッター

ドイツ連邦共和国 フライブルク カマータールシュトラッセ 8アー

(72)発明者 ロルフ シュミット

ドイツ連邦共和国 フェアシュテッテン ミューレンシュトラッセ 1 4

(72)発明者 ユルゲン シュナイダー

ドイツ連邦共和国 キルヒツアルテン ノイホイザー シュトラッセ 6 2

Fターム(参考) 5F041 AA11 CA34 CA40 DA07 DA12 DA18 DA26 DA43 DA44 DA45

DA46 DA47 DA58 FF06 FF11